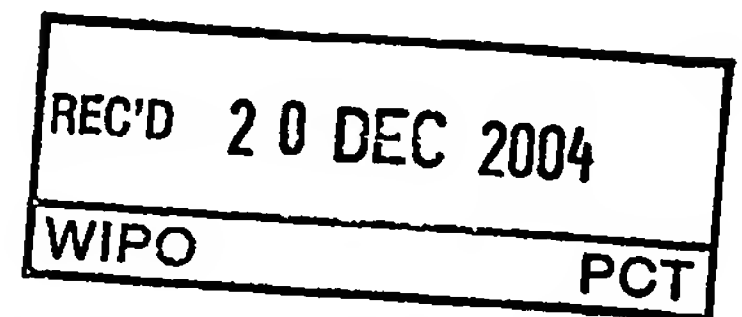


PCT/EP200 4 / 0 1 3 0 9 7

18.11.2004

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

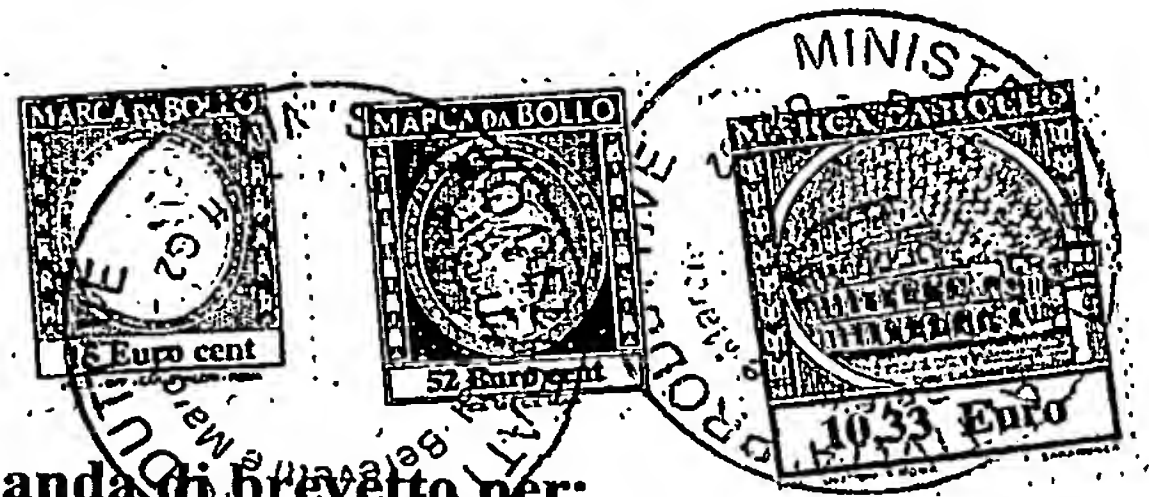


Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2



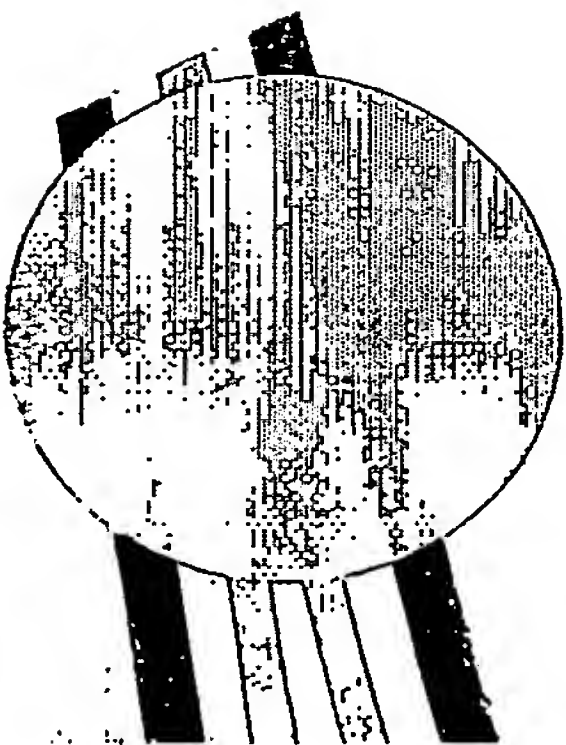
**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:
INVENZIONE INDUSTRIALE N.TV 2003 A 000155 depositata il 05.12.2003**

Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

ROMA li **21 SET. 2004**

IL FUNZIONARIO

Paola Giuliano
Dessa Paola Giuliano



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

MODULO A (1/2)

AL MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI (U.I.B.M.)

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE N° TV 2003.000155



A. RICHIEDENTE/I

COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1	M.B.N. SRL		
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2	PG	Cod. Fiscale PARTITA IVA	A3 03028050262
INDIRIZZO COMPLETO	A4	Via Roma 4 - 31020 S. Vendemiano (Treviso) Italia		
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1	LZH LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.		
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2	PG	Cod. Fiscale PARTITA IVA	A3 DE115669907
INDIRIZZO COMPLETO	A4	Hollerithallee 8 - 30419 Hannover (Germania)		
B. RECAPITO OBBLIGATORIO IN MANCANZA DI MANDATARIO	BO	..	(D = DOMICILIO ELETTIVO, R = RAPPRESENTANTE)	
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	B1			
INDIRIZZO	B2			
CAP/LOCALITA'/PROVINCIA	B3			
C. TITOLO	C1	Metodo e apparecchiatura migliorati per la sinterizzazione di materiali inorganici e prodotti così ottenuti.		

D. INVENTORE / I DESIGNATO/I (DA INDICARE ANCHE SE L'INVENTORE COINCIDE CON IL RICHIEDENTE)

COGNOME E NOME	D1	MATTEAZZI Paolo
NAZIONALITA'	D2	italiana
COGNOME E NOME	D1	BECKER Hinrich
NAZIONALITA'	D2	tedesca
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITA'	D2	
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITA'	D2	

CLASSE PROPOSTA

SEZIONE	CLASSE	SOTTOCLASSE	GRUPPO	SOTTOGRUPPO
E1	E2	E3	E4	E5

PRIORITY

DERIVANTE DA PRECEDENTE DEPOSITO ESEGUITO ALL'ESTERO

ATO O ORGANIZZAZIONE	F1		Tipo	F2	
UMERO DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	
ATO O ORGANIZZAZIONE	F1		Tipo	F2	
UMERO DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	
CENTRO ABILITATO DI ACCOLTA COLTURE DI MICROORGANISMI	G1				
MA DEL / DEI CHIEDENTE / I	M.B.N. SRL e LZH LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.				

MODULO A (2/2)

I. MANDATARIO DEL RICHIEDENTE PRESSO L'UIBM

LA/E SOTTOINDICATA/E PERSONA/E HA/HANNO ASSUNTO IL MANDATO A RAPPRESENTARE IL TITOLARE DELLA PRESENTE DOMANDA INNANZI ALL'UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI CON L'INCARICO DI EFFETTUARE TUTTI GLI ATTI AD ESSA CONNESSI (DPR 20.10.1998 N. 403).

NUMERO ISCRIZIONE ALBO COGNOME E NOME	I1	267 B-M AGOSTINI Agostino
DENOMINAZIONE STUDIO	I2	Dragotti & Associati Srl
INDIRIZZO	I3	Via Paris Bordone 9
CAP/LOCALITA'/PROVINCIA	I4	31100 Treviso
L. ANNOTAZIONI SPECIALI	L1	

M. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA O CON RISERVA DI PRESENTAZIONE

TIPO DOCUMENTO	N. ES. ALL.	N. ES. RIS.	N. PAG. PER ESEMPLARE
PROSPETTO A, DESCRIZ., RIVENDICAZ. (OBBLIGATORI 2 ESEMPLARI)	2		20
DISEGNI (OBBLIGATORI SE CITATI IN DESCRIZIONE 2 ESEMPLARI)	2		03
DESIGNAZIONE D'INVENTORE			
DOCUMENTI DI PRIORITA' CON TRADUZIONE IN ITALIANO			
AUTORIZZAZIONE O ATTO DI CESSIONE			

LETTERA D'INCARICO	(SI/NO)
PROCURA GENERALE	...
REFERIMENTO A PROCURA GENERALE	...

TESTATI DI VERSAMENTO	(LIRE/EURO)	IMPORTO VERSATO ESPRESSO IN LETTERE
OGGIO AGGIUNTIVO PER I SEGUENTI PARAGRAFI (BARRARE I PRESCELTI)	Euro	trecentodiciassette/62=
IL PRESENTE ATTO SI CHIEDE COPIA AUTENTICA? (SI/NO)	A	D F
CONCEDE ANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO? (SI/NO)	SI	
DATA DI COMPILAZIONE	NO	
	5/12/2003	

IRMA DEL / DEI RICHIEDENTE / I	p. M.B.N. SRL e LZH LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.
-----------------------------------	---

VERBALE DI DEPOSITO	
NUMERO DI DOMANDA	TV 2003 A 000155
C.C.I.A.A. DI	TREVISO
IN DATA	05 DIC. 2003
LA PRESENTE DOMANDA, CORREDATA DI N.	<input checked="" type="checkbox"/>
IL / I RICHIEDENTE / I SOPRAINDICATO / I HA / HANNO PRESENTATO A ME SOTTOSCRITTO FOGLI AGGIUNTIVI, PER LA CONCESSIONE DEL BREVETTO SOPRA RIPORTATO.	
ANNOTAZIONI VARIE ALL'UFFICIALE ROGANTE	

IL DEPOSITANTE	IL TITOLARE	L'UFFICIALE ROGANTE
Lombardi Hermann		Blum Renate



PROSPETTO MODULO A

TV 2003 A 000155

05 DIC. 2003

M.B.N. SRL

2. TITOLO

CLASSE PROPOSTA

SEZIONE

CLASS

SOTTOCLASSE

GRUPPO

SOTTOGRUPPO

D: RIASSUNTO

La corrente pulverulenta ha la forma di una superficie conica avente come asse la direzione del flusso di calore, la cui ampiezza è correlata alla distribuzione dimensionale delle particelle, e avente il vertice sull'area di bersaglio.

Iso dell'invenzione: produzione di oggetti solidi tridimensionali caratterizzati da una risoluzione spaziale migliore di 100 μm e fino a circa 10 μm .

DISSEGNO PRINCIPALE.

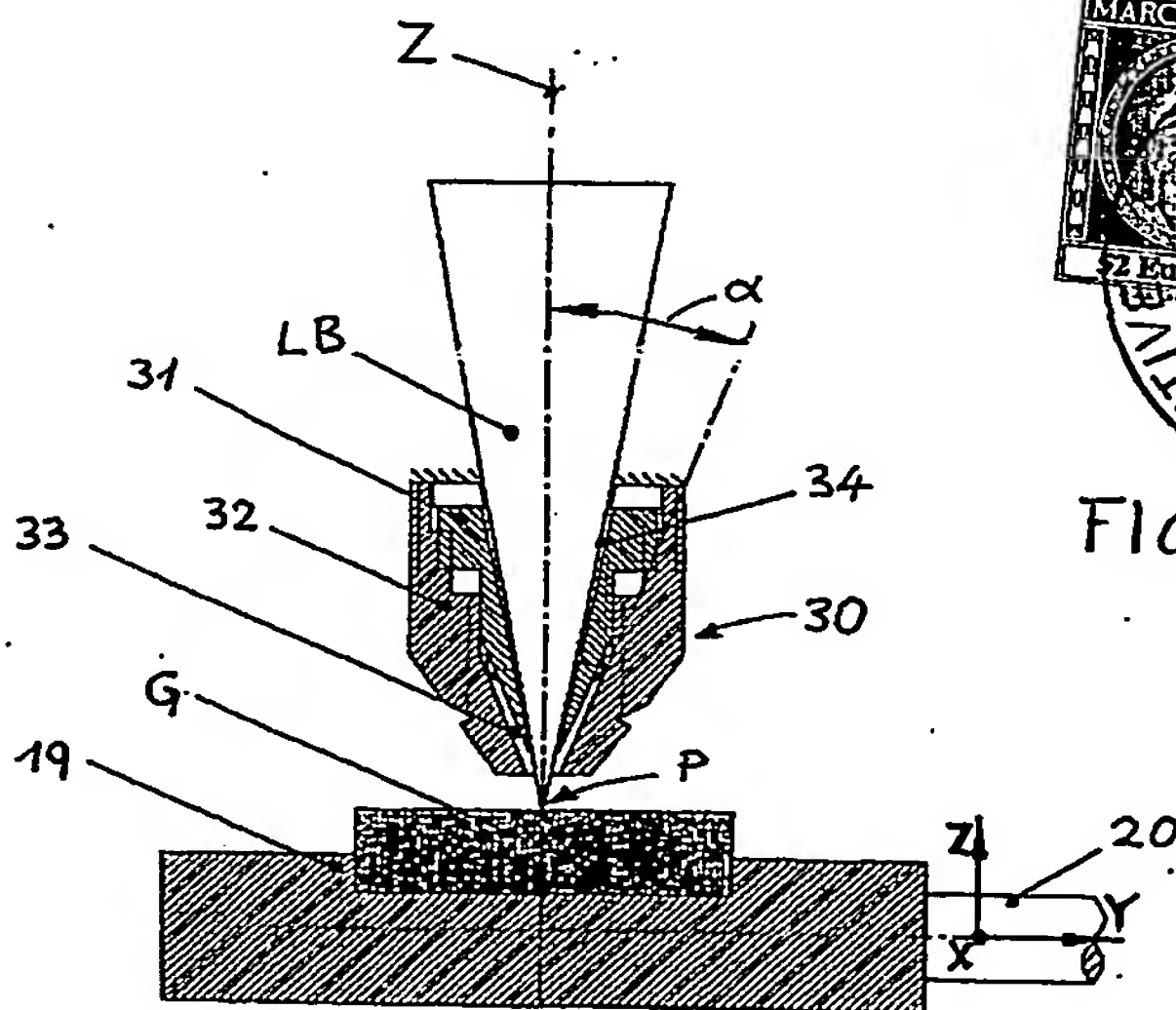


FIG. 4

RMA DEL / DEI
CHIEDENTE / I

Dr. M. B. N. SRL e. V. LASER ZENTRUM HANNOVER e. V.

2003 DC 107 I

Descrizione dell'invenzione industriale avente per titolo **"Metodo e apparecchiatura migliorati per la sinterizzazione di materiali inorganici e prodotti così ottenuti"** a nome di **M.B.N. Srl** a S. Vendemiano (Italia) e di **LZH**

5 **Laser Zentrum Hannover e.V.** a Hannover (Germania)

* * *

La presente invenzione riguarda la fabbricazione di oggetti solidi tridimensionali a partire uno o più materiali inorganici come metalli, leghe, ceramiche, carburi ecc. in forma di polvere nonché i prodotti così ottenuti.

10 La tecnologia nota come sinterizzazione al laser è nota attraverso la divulgazione ad opera di un buon numero di documenti, fra cui i seguenti brevetti.

Il brevetto US-A-4 863 538 intestato all'Università del Texas prevede la realizzazione del prodotto depositando del materiale in polvere sotto forma di strati successivi che mediante un raggio laser vengono sinterizzati uno dopo l'altro, poco
15 dopo la loro deposizione su un'area di bersaglio di sezione prestabilita. La sezione trasversale di diametro prestabilito del raggio laser viene scandita su ciascuno strato e il raggio laser viene attivato per sinterizzare solo quella polvere che si trova all'interno della sezione prestabilita sotto il controllo di un computer. Questo metodo di fabbricazione prevede lunghi tempi di lavorazione, per cui ha una bassa
20 resa produttiva, a causa dell'alternanza delle operazioni di deposito delle polveri e di attivazione del raggio laser.

Il brevetto US-A-5 730 925 intestato alla EOS GmbH prevede di applicare una successione di strati lisci successivi di materiale in polvere su mezzi di supporto piani facendo uso di un dispositivo di rivestimento che si muove per due
25 volte avanti e indietro lungo una direzione parallela alla superficie superiore dei



mezzi di supporto. la polvere viene successivamente solidificata da un raggio laser indirizzato verso ciascuno dei suddetti strati lisci. Per l'analogia funzionale col brevetto precedente anche questo è un metodo con una bassa produttività e anche l'efficienza dell'energia irradiata è pure bassa ogni qual volta la direzione del raggio laser, che viene deviato mediante uno specchio, è diversa da quella perpendicolare agli strati lisci di polvere.

Il brevetto US-A-5 904 890, pure intestato alla EOS GmbH e che costituisce un miglioramento del precedente, prevede di scandire il raggio laser su ciascuno strato di polvere secondo una geometria che comprende una pluralità di linee adiacenti e parallele di diversa lunghezza, la velocità di spostamento del raggio laser essendo inversamente proporzionale alla lunghezza delle linee. Anche se questo è un sistema più efficiente la produttività rimane bassa per il motivo che si alternano le operazioni di deposizione degli strati di polvere e di scansione del raggio laser.



Forma lo scopo principale dell'invenzione un sistema di sinterizzazione al laser che sia più efficiente, di maggiore produttività e più semplice di quelli discussi qui sopra.

Un altro scopo dell'invenzione è ottenere oggetti tridimensionali che possono anche avere una forma complicata e dimensioni inferiori a 10 mm con una risoluzione spaziale decisamente migliore anche di 50 μm , ossia nettamente sotto il valore di 100 μm considerato come limite nella letteratura tecnica più recente.

Un altro scopo è l'impiego di particelle costituite da agglomerati di cristalliti che possono avere dimensioni molto inferiori a 100 nm (10^{-7} m) in quanto ottenuti per esempio con un mulino ad alta energia ed alta capacità come quello presentato nel brevetto EP-A-665 770. I cristalliti possono essere non soltanto di un

unico materiale (cioè "monofase") ma anche di due o più materiali diversi (cioè "multifase") e costituiscono una corrente pulverulenta che viene sottoposta a un riscaldamento localizzato.

Questi e altri scopi sono ottenuti col metodo e l'apparecchiatura che
5 caratterizzano la presente invenzione conformemente alle successive rivendicazioni.

Sono pure rivendicati gli oggetti fabbricati col metodo e/o l'apparecchiatura di cui sopra.

La seguente descrizione evidenzierà le caratteristiche e i vantaggi
10 dell'invenzione con riferimento a forme di esecuzione preferite ma non esclusive che sono illustrate nel disegno allegato.

Fig. 1 mostra una vista complessiva di un'apparecchiatura secondo l'invenzione per fabbricare oggetti solidi tridimensionali;

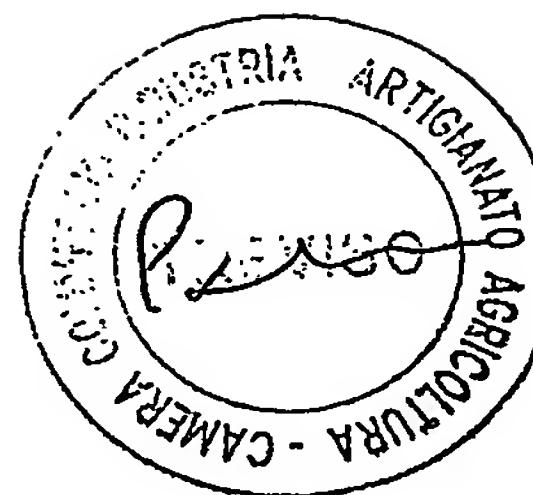
Fig. 2 mostra una vista frontale e parzialmente in sezione, in scala
15 maggiorata, di una prima forma di esecuzione delle parti dell'apparecchiatura dove effettivamente vengono fabbricati gli oggetti;

Fig. 3 mostra una vista frontale e parzialmente in sezione, in scala maggiorata, di una seconda forma di esecuzione delle parti dell'apparecchiatura dove effettivamente vengono fabbricati gli oggetti;

Fig. 4 è una sezione longitudinale schematizzata che deriva dalla precedente
20 Fig. 2 e che serve a chiarire la funzionalità dell'apparecchiatura;

Fig. 5 è una sezione trasversale del gruppo di alimentazione della polvere che costituisce una parte essenziale di un'apparecchiatura conforme all'invenzione.

Come già detto in precedenza l'invenzione riguarda la fabbricazione di
25 oggetti solidi tridimensionali impiegando una corrente pulverulenta in cui le



particelle solide di uno o più materiali inorganici (fasi) come metalli, leghe, ceramiche, carbonio, carburi, ecc. Nel caso di polveri a più fasi, secondo l'invenzione è preferibile che una fase non superi l'85% in volume mentre la somma delle altre fasi sia almeno il 15% in volume ed abbia una temperatura di fusione in °C inferiore all'80% della temperatura di fusione della prima fase.

Un primo esempio idoneo per questo impiego è una polvere in cui ferro, che ha una temperatura di fusione di 1535°C costituisce la prima fase e rame, che ha una temperatura di fusione di 1083°C, ossia pari a circa il 70% della temperatura di fusione, costituisce la seconda fase.

Si possono citare molti altri esempi di polveri disponibili nella letteratura metallurgica, sintetizzati nella seguente tabella :

1 ^a fase		2 ^a fase	
Metallo o lega	Temperatura di fusione [°C]	Metallo o lega	Temperatura di fusione [°C]
Fe	1535	Lega Fe-P 10% peso	1050
Fe	1535	Lega Fe-C 4,2% peso	1150
Ti	1670	Sn	230
Cu	1083	Sn	230
Cu	1083	Zn	420
Fe	1535	Leghe Fe-Cu	1083÷1535 ⁽⁺⁾
Ti	1670	Leghe Ti-Sn	230÷1670 ⁽⁺⁾

Nella tabella (+) sta a significare una temperatura dipendente dalla composizione della lega.

Facendo ora riferimento alla Fig. 1, un'apparecchiatura conforme



all'invenzione consiste essenzialmente nei seguenti gruppi funzionali, la maggior parte dei quali è più particolarmente descritta più avanti :

- una camera 10 in cui si forma il prodotto voluto in un'atmosfera sostanzialmente priva di ossigeno. La camera di formatura 10 è fabbricata in metallo o altri materiali rigidi ed è meccanicamente collegata a un gruppo di manipolazione 20 in modo da spostarsi nello spazio lungo gli assi cartesiani X, Y e Z riportati nelle Fig. 2 e 4;
- un gruppo di alimentazione 35, mostrato particolareggiatamente in Fig. 5, dove si ottiene un aerosol solido mescolando la polvere monofase o multifase con un gas di trasporto inerte come argo, elio, azoto o loro composti, contenuto in un serbatoio 90. La polvere viene formata in un'operazione che precede il metodo dell'invenzione con l'agglomerazione di cristalliti di meno di 100 nm (10^{-7} m) per ottenere particelle con una distribuzione dimensionale controllata. Più precisamente il 90% circa in peso della polvere consiste di particelle di dimensioni comprese fra 0,5 e 20 μ m (da 5×10^{-7} a 2×10^{-5} m).
- un ugello 30 – che non si vede in Fig. 1 ma è descritto qui sotto con riferimento alle Fig. 2 e 4 – che riceve l'aerosol solido dal gruppo di alimentazione 35 e lo introduce sotto forma di corrente pulverulenta verso un'area di bersaglio rigida posizionata nella camera di formatura 10;
- un generatore di un flusso di calore costituito da un emettitore 45 in grado di generare un raggio laser LB sostanzialmente rettilineo che viene anch'esso indirizzato verso detta area di bersaglio con un dispositivo puntatore 47. Per ottenere la risoluzione spaziale di cui si è già detto più sopra, è necessario usare un raggio laser di alta qualità, per esempio un laser a disco a diodo pompato Yb:YAG (itterbio:ittrio-alluminio-granato) oppure un laser a fibra e un adeguato



sistema ottico nel dispositivo puntatore;

- un'unità di programmazione e controllo 50, dotata di tastiera 52 e monitor 54.

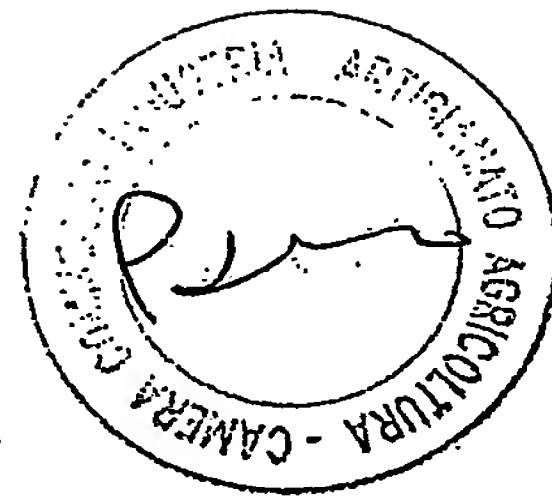
In modo convenzionale, ad esempio mediante cablaggi (non mostrati) l'unità 50 è collegata, oltre che ai suddetti gruppi funzionali, alle seguenti
5 attrezzature ausiliarie, che sono disposte sui vari ripiani 2, 4 e 6 di una struttura di supporto 8 :

- un dispositivo ad ultrasuoni 60 associato al gruppo di alimentazione della polvere 35 e che, facendone vibrare le parti ad alta frequenza, serve a impedire che le particelle della polvere vi si depositino sotto forma di agglomerati;
- 10 – un dispositivo 62 per misurare il livello di ossigeno dentro la camera di formatura 10, che non deve oltrepassare 100 ppm;
- un sistema di monitoraggio della temperatura all'interno della camera di formatura 10 che fa preferibilmente uso di un visore a pirometro ottico 80 col suo modulo di controllo 85. Per ottenere la desiderata risoluzione spaziale è
15 evidentemente necessario che la risoluzione del pirometro sia migliore di 100 μm in un campo di temperature compreso fra 1000 e 3000°C;
- un microscopio 55 per vedere gli oggetti mentre vengono fabbricati all'interno della camera di formatura 10;
- un gruppo refrigerante 95.

20 -- Una prima forma di esecuzione dell'apparecchiatura oggetto dell'invenzione, mostrata particolareggiatamente in Fig. 2, presenta una camera di formatura 10 di forma cilindrica con la parete inferiore 19 ricavata su una tazza cilindrica 11 al cui centro si trova un incavo 12 per l'alloggiamento di un substrato rigido S, sul quale si fabbrica l'oggetto desiderato, che costituisce l'area di
25 bersaglio dell'apparecchiatura. A seconda dei risultati desiderati il substrato S è

costruito e posizionato in modo da costituire una parte della superficie con caratteristiche differenti dal resto dell'oggetto da produrre oppure costituire solo una base staccabile dal materiale sinterizzato quando l'oggetto fabbricato è autoportante.

5 All'interno della tazza 11 è inserito con un piccolo gioco il bordo o orlo cilindrico 13, sporgente lungo l'asse verticale Z della camera 10, dell'apertura centrale di un primo disco piano 14. Il primo disco 14 è unito a un secondo disco 15 che presenta un'apertura centrale identica a quella del primo disco 14. I dischi 14 e 15 sono tenuti insieme per mezzo di viti (non mostrate) alloggiare lungo la
10 circonferenza esterna 14a del primo disco e la circonferenza esterna a gradino 15a del secondo disco 15. Fra le facce contrapposte piane 14b e 15b dei dischi 14 e 15 rimane quindi uno spazio libero in cui viene alloggiata la parte radialmente esterna piana di un terzo disco stazionario 17 che costituisce la parete superiore della camera di formatura 10. La parte radialmente interna del terzo disco 17 forma un
15 mozzo 16, che ha uno spessore molto maggiore della parte esterna piana e presenta un'apertura troncoconica 18 di sezione decrescente verso la tazza 11 lungo l'asse Z della camera 10. L'atmosfera all'interno della camera 10 viene controllata mediante mezzi sensori (non mostrati) collegati col dispositivo 62 di misurazione del livello di ossigeno, che di regola non deve superare 100 ppm.

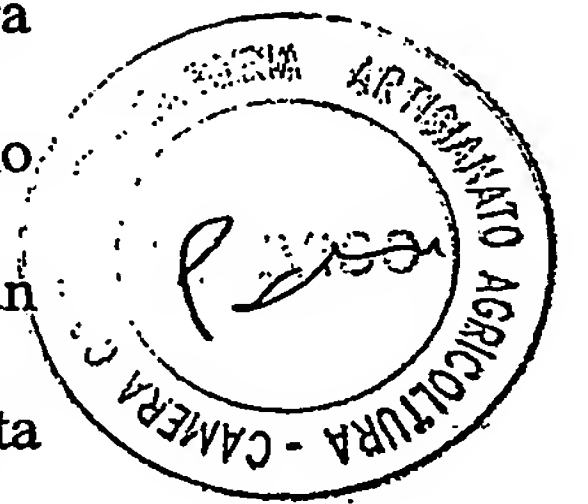
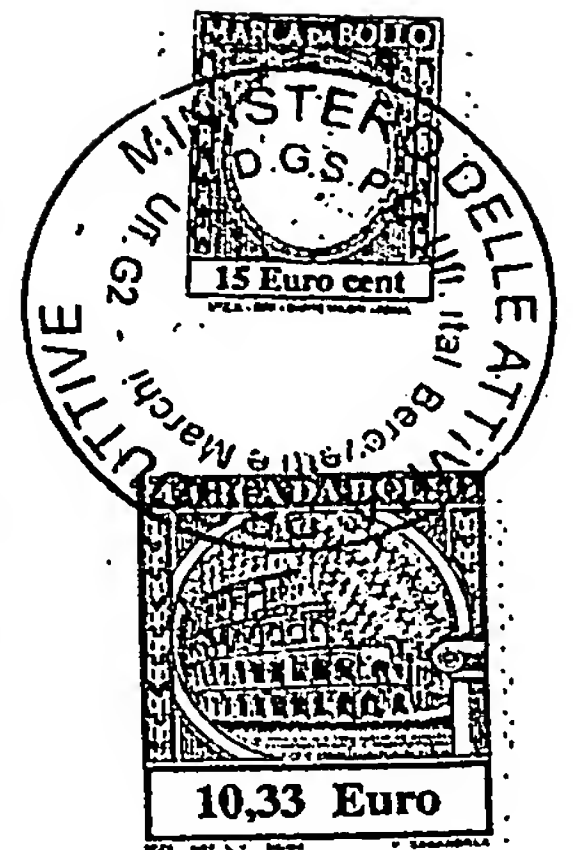


20 L'apertura troncoconica 18 del mozzo 16 del terzo disco 17 serve ad alloggiare l'ugello 30, che è collegato al gruppo di alimentazione 35.

L'ugello 30 comprende un cono interno 31 (più esattamente, un tronco di cono) e un cono esterno 32 (anch'esso, in realtà, un tronco di cono) allineati lungo l'asse Z e collegati a mezzo di aste (non mostrate). Il cono interno 31 presenta un
25 canale 34, pure allineato lungo l'asse Z, che ha una forma troncoconica di sezione

decescente verso la tazza 11 della camera 10. I coni interno ed esterno 31, 32 sono
disposti uno dentro l'altro in modo che fra di essi rimanga un intervallo 33
sostanzialmente anulare – mostrato più chiaramente in Fig. 4, che viene descritta
più sotto – che ha una larghezza inferiore a 1 mm per ottenere la desiderata velocità
5 della corrente pulverulenta. È anche possibile realizzare l'ugello 30, e più
precisamente le aste che collegano il cono interno 31 col cono esterno 32 in modo
da poter regolare la larghezza dell'intervallo 33, preferibilmente fra 0,1 e 0,8 mm.
In tutti i casi la corrente pulverulenta ha la forma di una superficie conica avente
come vertice il punto P sull'area di bersaglio, cioè sul substrato S, e la sua velocità
10 non supera 20 m/s.

Il gruppo di alimentazione della polvere 35 – mostrato a parte ed in scala
maggiorata in Fig. 5 e che gioca un importante ruolo nell'apparecchiatura
dell'invenzione – comprende una spazzola a setole 36 montata su un alberino
motorizzato 36a che la fa girare in senso orario. La spazzola 36 è alloggiata in un
15 involucro 37 dotato di un coperchio superiore 38a avente un'apertura 39 collegata
col serbatoio 90 del gas di trasporto della polvere e di un coperchio inferiore 38b.
La spazzola 36 viene usata per la ablazione delle particelle immagazzinate in forma
solida in un vano 42. Un pistone 40, alloggiato nel coperchio inferiore 38b tiene
premuto la polvere accumulata nel vano 42 contro il lato a monte della spazzola 36.
20 Un elemento piatto 41, disposto tangenzialmente alla spazzola 36 sul lato a valle
della stessa, preme sulle setole elasticamente deformabili della spazzola 36 e
produce un aerosol solido – indicato con PA in Fig. 5 – a partire dalle particelle
asportate e dal gas di trasporto che arriva dall'apertura 39. Maggiori particolari
riguardo a un gruppo di alimentazione della polvere per l'impiego
25 nell'apparecchiatura dell'invenzione possono essere trovati nel modello di utilità



DE 200 20 614 U1, che viene qui espressamente richiamato. Grazie a questa costruzione dell'unità di alimentazione 35 le particelle contenute nell'aerosol solido PA hanno una distribuzione dimensionale controllata, in particolare il 90% in peso di particelle è di dimensioni comprese fra 0,5 e 20 μm .

5 L'aerosol solido PA prodotto nell'unità di alimentazione 35 perviene all'ugello 30 ed esce dall'intervallo anulare 33 sotto forma di una corrente pulverulenta con la forma di una superficie conica, come già detto. L'invenzione prevede che almeno durante la formatura dell'oggetto desiderato il generatore di ultrasuoni 60 mantenga in vibrazione sia i coni 31 e 32 dell'ugello 30 sia le aste
10 che li collegano. Le particelle che fanno parte dell'aerosol solido PA non possono così agglomerarsi e aderire alle superfici contrapposte dell'intervallo anulare 33.

La tazza 11 della camera di formatura 10 è meccanicamente accoppiata al gruppo di manipolazione, che comprende idonei mezzi di azionamento compresi motori passo-passo ad altissima precisione ed organi di collegamento 20 mostrati
15 schematicamente in Fig. 4, che riproduce in scala maggiorata solo le parti fondamentali dell'apparecchiatura dell'invenzione. In questo modo la tazza 11, e in particolare l'incavo 12 al centro della sua parete di fondo 19, sono in grado di muoversi nello spazio lungo tre coordinate mentre il suddetto disco 17, l'ugello 30 e il gruppo 35 di alimentazione della polvere rimangono stazionari. Infatti la tazza,
20 11 può scorrere su e giù sull'orlo sporgente 13 del primo disco 14 lungo l'asse verticale Z mentre il primo disco 14 e il secondo disco 15 possono scorrere solidalmente sul piano di giacitura del terzo disco stazionario 17, vale a dire secondo gli assi cartesiani X e Y, che sono perpendicolari all'asse Z. I detti movimenti della tazza 11 sono impartiti dagli organi di collegamento 20 e guidati
25 dall'unità di programmazione e controllo 50 secondo il progetto dell'oggetto da



fabbricare, definito con un sistema CAD/CAM.

Secondo un'altra importante caratteristica dell'invenzione il flusso di calore, cioè il raggio laser LB diretto lungo l'asse Z, è obbligato a passare attraverso il canale troncoconico 34 che si trova nel cono interno 31 dell'ugello 30 prima di essere indirizzato verso l'area di bersaglio, cioè verso il punto P sul substrato S posizionato nella camera di formatura 10 contemporaneamente alla corrente pulverulenta. Secondo una caratteristica dell'invenzione l'ampiezza del flusso di calore, ossia il diametro del raggio laser LB imposto dalla sezione di uscita del canale 34 è correlato alla distribuzione dimensionale delle particelle contenute nella corrente pulverulenta che esce dall'ugello 30. Più precisamente il diametro del raggio laser LB non supera 20 μm che sono le dimensioni massime della maggior parte delle particelle.

Secondo un'importante caratteristica dell'invenzione l'angolo al vertice α della corrente pulverulenta in forma di superficie conica, che viene generata dall'ugello 30 (ed è anche l'angolo formato con l'asse Z che è la direzione del raggio laser LB) ha un valore che non supera 45°.



Grazie a tutte le caratteristiche menzionate qui sopra, la sinterizzazione avviene istantaneamente e in un'unica operazione direttamente sul substrato S, e dà luogo all'oggetto desiderato (indicato con G in Fig. 4). In particolare, l'invenzione permette di fabbricare oggetti solidi tridimensionali aventi una risoluzione spaziale non solo migliore di 50 μm ma perfino sotto 10 μm .

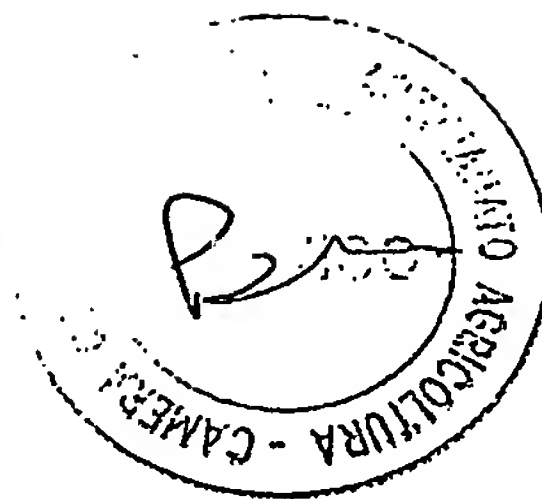
All'ottenimento di oggetti di elevata qualità anche in caso di produzione industriale contribuiscono anche :

- il monitoraggio ad alta precisione della temperatura, assicurato dal controllo della potenza del raggio laser LB mediante un algoritmo PID,

- il controllo visivo dell'oggetto mentre viene formato mediante il microscopio elettronico 90,
- il controllo da parte del dispositivo di misura 62 del livello di ossigeno dell'atmosfera mantenuta all'interno della camera di formatura 10
- 5 – un'eventuale operazione di pressatura isostatica a caldo dell'oggetto, successiva al completamento del metodo dell'invenzione.

La Fig. 3 mostra una forma di esecuzione dell'apparecchiatura dell'invenzione che mantiene molti componenti già descritti, per cui mantengono gli stessi riferimenti numerici, e che funziona secondo lo stesso metodo. Questa
 10 forma di esecuzione è particolarmente vantaggiosa quando il materiale inorganico utilizzato per ottenere la corrente pulverulenta è costituito da due o più fasi.

Il raggio laser LB viene indirizzato verso il substrato S, posto nell'incavo 12 al centro della parete di fondo 19 della camera di formatura 10, mediante un dispositivo puntatore conico 70. Quest'ultimo è supportato con mezzi regolabili
 15 (non mostrati) al disco stazionario 17 che costituisce la parete superiore della camera di formatura 10 così come sono supportati dallo stesso disco 17 una pluralità di tubetti 75 collegati a gruppi di alimentazione delle varie fasi del materiale inorganico utilizzato. Tali gruppi non sono mostrati in Fig. 3 ma sono del tipo già descritto, per cui la distribuzione dimensionale delle particelle contenute
 20 nell'aerosol solido che dà origine alla corrente pulverulenta è la stessa indicata più sopra. I tubetti 75, che sono mantenuti in vibrazione durante il funzionamento, emettono la corrente pulverulenta secondo una superficie conica definita dai loro assi longitudinali T1, T2, ... Secondo l'invenzione, tale superficie conica ha come vertice un punto che giace sul substrato S ed è anche il vertice del raggio laser LB e
 25 il suo angolo al vertice α ha un valore non superiore a 45° . La fabbricazione



dell'oggetto desiderato avviene in un'unica operazione esattamente come nella prima forma di esecuzione. Anche gli oggetti solidi tridimensionali così fabbricati hanno le caratteristiche indicate in precedenza.

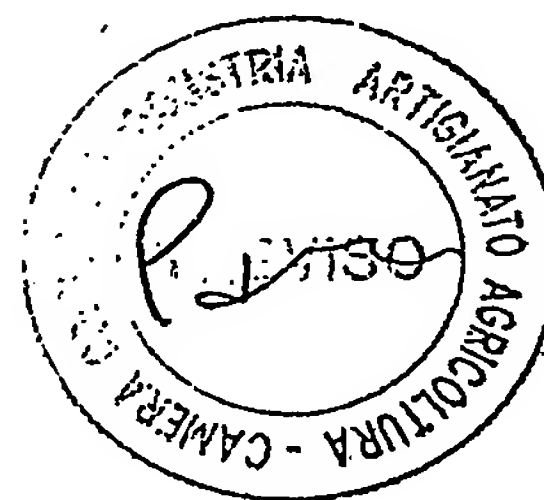
I vantaggi dell'invenzione possono essere così riassunti :

- 5 – la fabbricazione di oggetti solidi tridimensionali avviene in un'unica operazione e quindi in modo più efficiente che con le tecniche già note;
- i materiali inorganici utilizzati possono essere costituiti da due o più fasi. In quest'ultimo caso le dimensioni della corrente pulverulenta e del raggio laser possono essere scelte in modo che la temperatura raggiunta nel vertice della
- 10 superficie conica costituita dalla corrente pulverulenta abbia un valore tale da causare la fusione delle sole fasi che hanno la più bassa temperatura di fusione;
- la resa produttiva può essere variata, ad esempio variando l'ampiezza dell'angolo al vertice α della corrente pulverulenta e/o variando la velocità con cui sono eseguiti i movimenti tridimensionali della camera di formatura;
- 15 – la qualità produttiva è elevata grazie, in particolare, alle ridotte dimensioni sia delle particelle comprese nella corrente pulverulenta sia del raggio laser e all'uniformità della stessa corrente poichè che l'ugello e i tubetti vengono mantenuti in vibrazione almeno durante il funzionamento dell'apparecchiatura.

Oltre a quelle descritte qui sopra, nell'ambito delle successive

20 rivendicazioni potranno essere sviluppate altre forme di esecuzione dell'invenzione, ad esempio :

- prevedendo una camera di formatura stazionaria e muovendo lungo almeno due coordinate il raggio laser e i mezzi che producono la corrente pulverulenta (ugello, tubetti, ecc), dal momento che quello che importa è il movimento relativo fra questi
- 25 componenti dell'apparecchiatura;



- indirizzando la corrente pulverulenta e il raggio laser direttamente sulla parete rigida di fondo della camera di formatura anziché su un substrato posizionato su tale parete;
- montando i tubetti della seconda forma di esecuzione in modo da avere la possibilità di variare il diametro e/o l'angolo al vertice della superficie troncoconica della corrente pulverulenta,
- producendo il flusso di calore necessario per la sinterizzazione delle particelle mediante una bobina ad induzione elettromagnetica disposta coassialmente alla corrente pulverulenta oppure con una fonte di calore radiante diversa da un raggio laser, per esempio una fonte di calore all'infrarosso.

È infine possibile integrare il metodo dell'invenzione con un'operazione finale di pressatura isostatica a caldo.

p. i. M.B.N. Srl e LZH Laser Zentrum Hannover e.V.

Dragotti & Associati Srl



Rivendicazioni

1. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale mediante una sinterizzazione di particelle inorganiche aventi una distribuzione dimensionale controllata, caratterizzato dal fatto che almeno una corrente pulverulenta
5 contenente dette particelle e almeno un flusso di calore avente una direzione rettilinea vengono indirizzati contemporaneamente verso la stessa area di bersaglio rigida la quale è dotata di movimento relativo secondo almeno due coordinate rispetto alla corrente pulverulenta e al flusso di calore, in cui :

- la detta corrente pulverulenta ha la forma di una superficie conica avente come
10 asse la direzione del flusso di calore e il vertice sull'area di bersaglio e
- il flusso di calore ha un'ampiezza correlata alla distribuzione dimensionale delle particelle contenute nella corrente pulverulenta,

col risultato che la sinterizzazione di dette particelle avviene direttamente in un'unica operazione sull'area di bersaglio.

15 2. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'angolo al vertice (α) di detta superficie conica formata dalla corrente pulverulenta non è superiore a 45° .

3. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che la distribuzione dimensionale di
20 dette particelle è tale che all'incirca il 90% di particelle ha dimensioni comprese fra 0,5 e 20 μm e che il flusso di calore ha un'ampiezza non superiore a 20 μm .

4. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che dette particelle sono costituite da cristalliti agglomerati con dimensioni inferiori a 100 nm e sono presenti nella
25 corrente pulverulenta insieme a almeno un gas inerte di trasporto in forma di



aerosol solido.

5. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che le dette particelle sono costituite da due o più fasi corrispondenti a differenti materiali inorganici come per esempio metalli, leghe, carburi, ceramiche.

6. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che una fase non supera l'85% in volume della corrente pulverulenta mentre la somma delle altre fasi è almeno il 15% in volume ed ha una temperatura di fusione in °C inferiore all'80% della temperatura di fusione della prima fase.

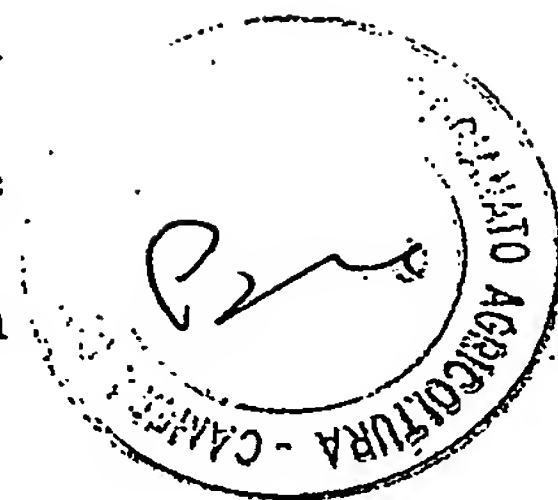
7. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che la corrente pulverulenta viene indirizzata verso l'area di bersaglio con una velocità non superiore a 20 m/s.

8. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che l'area di bersaglio è un substrato rigido posizionato in una camera di formatura ad atmosfera controllata dove il livello di ossigeno non supera 100 ppm.

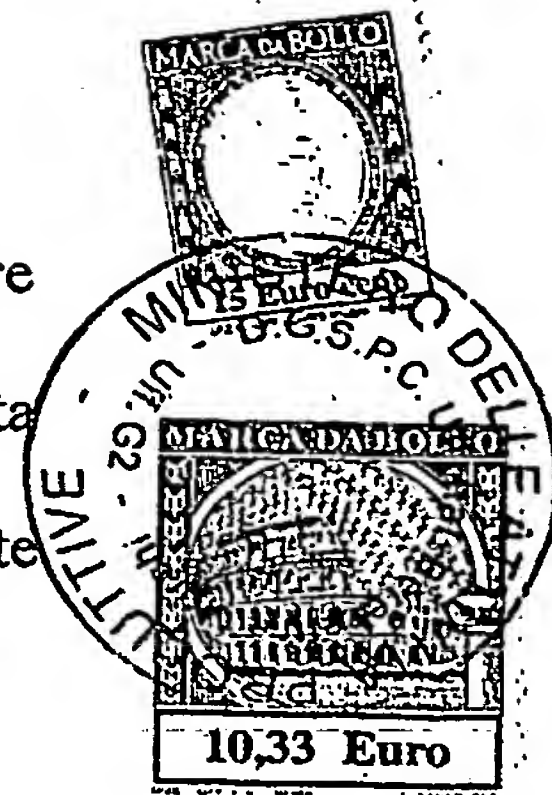
9. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto di essere interamente controllato elettronicamente.

10. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che il flusso di calore è costituito da un raggio laser.

11. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo una



qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 9, caratterizzato dal fatto che il flusso di calore è ottenuto mediante una bobina ad induzione elettromagnetica disposta coassialmente alla corrente pulverulenta oppure con una fonte di calore radiante diversa da un raggio laser, per esempio una fonte di calore all'infrarosso.



- 5 12. Metodo per fabbricare un oggetto solido tridimensionale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di essere integrato da un'operazione finale di pressatura isostatica a caldo.



- 10 13. Apparecchiatura per la attuazione del metodo delle precedenti rivendicazioni che comprende una camera di formatura in cui si trova un'area di bersaglio, mezzi per generare una corrente pulverulenta contenente particelle solide inorganiche aventi una distribuzione dimensionale controllata, mezzi per creare un flusso di calore lungo una direzione rettilinea, caratterizzata dal fatto che almeno un ugello formato da un primo e da un secondo cono aventi come asse la direzione di detto flusso di calore genera la corrente pulverulenta contenente particelle solide
- 15 inorganiche contemporaneamente al flusso di calore e che l'apparecchiatura comprende anche mezzi per impartire un moto relativo lungo almeno due coordinate fra l'area di bersaglio e i mezzi per generare detta corrente pulverulenta e/o i mezzi per creare detto flusso di calore.



- 20 14. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 13, caratterizzata dal fatto che detta corrente pulverulenta ha la forma di una superficie conica avente come asse la direzione del flusso di calore e il vertice sull'area di bersaglio.

- 25 15. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 13 o 14, caratterizzata dal fatto che la corrente pulverulenta esce da detto ugello attraverso un intervallo anulare che ha una larghezza inferiore a 1mm e preferibilmente una larghezza regolabile compresa fra 0,1 e 0,8 mm.

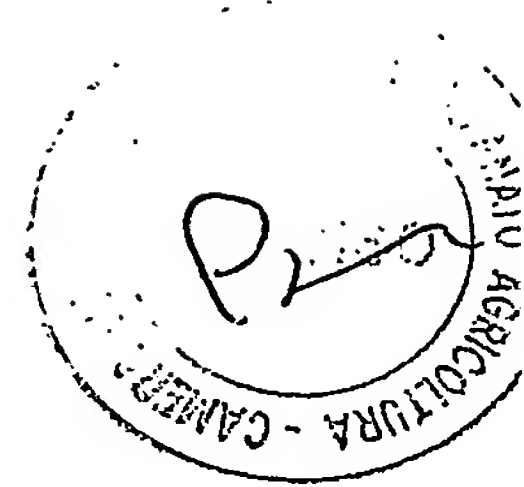
16. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 14, caratterizzata dal fatto che l'angolo al vertice (α) di detta superficie conica formata dalla corrente pulverulenta non è superiore a 45° .

17. Apparecchiatura per la attuazione del metodo delle rivendicazioni da 1 a 12 che comprende una camera di formatura in cui si trova un'area di bersaglio, mezzi per generare una corrente pulverulenta contenente particelle solide inorganiche aventi una distribuzione dimensionale controllata, mezzi per creare un flusso di calore lungo una direzione rettilinea, caratterizzata dal fatto che una pluralità di tubetti i cui assi sono inclinati rispetto alla direzione di detto flusso di calore e hanno in comune un punto dell'area di bersaglio servono a indirizzare verso l'area di bersaglio una corrente pulverulenta nella forma di una superficie conica avente come asse la direzione dello stesso flusso di calore e il vertice sull'area di bersaglio e che l'apparecchiatura comprende anche mezzi per impartire un moto relativo lungo almeno due coordinate fra l'area di bersaglio e i mezzi per generare detta corrente pulverulenta e/o i mezzi per creare detto flusso di calore.

18. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 17, caratterizzata dal fatto che l'angolo al vertice (α) di detta superficie conica formata dalla corrente pulverulenta non è superiore a 45° .

19. Apparecchiatura secondo la rivendicazione 17 o 18, caratterizzata dal fatto che l'inclinazione degli assi dei detti tubetti e/o l'interasse fra i tubetti è variabile.

20. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 19, caratterizzata dal fatto che almeno un emettitore associato a organi di puntamento genera un corrispondente raggio laser che costituisce il flusso di calore utilizzato per la sinterizzazione diretta di dette particelle in un'unica operazione.



21. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 19, caratterizzata dal fatto che almeno una bobina ad induzione elettromagnetica disposta coassialmente alla corrente pulverulenta genera il flusso di calore utilizzato per la sinterizzazione diretta di dette particelle.

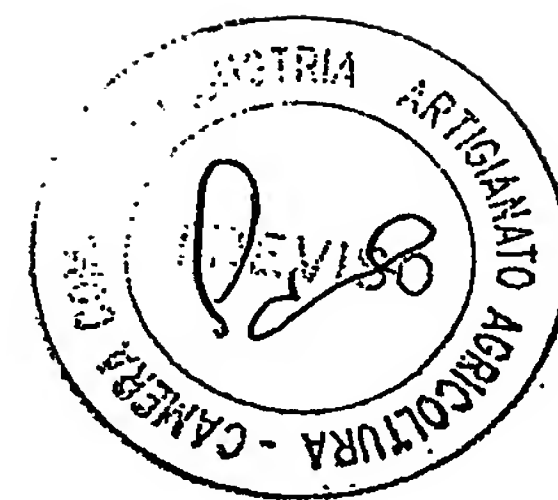
5 22. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 19, caratterizzata dal fatto che una fonte di calore all'infrarosso genera il flusso di calore utilizzato per la sinterizzazione diretta di dette particelle.

10 23. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 22, caratterizzata dal fatto che la corrente pulverulenta è un aerosol solido formato da dette particelle solide con almeno un gas inerte di trasporto prodotto in un dispositivo in sé noto che comprende una spazzola rotante e un elemento di deformazione elastica della spazzola e che sono presenti mezzi a ultrasuoni per mantenere in vibrazione le parti dell'apparecchiatura che sono percorse da detto aerosol solido.

15 24. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 23, caratterizzata dal fatto che detta camera di formatura comprende una parete di fondo per alloggiare un substrato che costituisce l'area di bersaglio su cui si fabbrica l'oggetto desiderato, la detta parete di fondo essendo una parte della camera di formatura associata a mezzi di azionamento che sono in grado di
20 muoverla secondo tre coordinate rispetto ai mezzi per generare detta corrente pulverulenta e ai mezzi per creare detto flusso di calore.

25 25. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 24, caratterizzata dal fatto di comprendere un sistema pirometrico di controllo della temperatura all'interno di detta camera di formatura.

26. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 25,



caratterizzata dal fatto di comprendere un microscopio per l'ispezione visiva della camera di formatura durante la fabbricazione degli oggetti desiderati.

27. Apparecchiatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 26, caratterizzata dal fatto di comprendere un'unità di programmazione e controllo.

5 28. Oggetti solidi tridimensionali fabbricati con materiali inorganici secondo il metodo delle rivendicazioni da 1 a 12 e/o mediante l'apparecchiatura delle rivendicazioni da 13 a 27, caratterizzati da una risoluzione spaziale migliore di 100 μm .

10 29. Oggetti solidi tridimensionali fabbricati con materiali inorganici secondo il metodo delle rivendicazioni da 1 a 12 e/o mediante l'apparecchiatura delle rivendicazioni da 13 a 27, caratterizzati da una risoluzione spaziale migliore di 50 μm fino a circa 10 μm

p. i. M.B.N. Srl e LZH Laser Zentrum Hannover e.V.

Dragotti & Associati Srl

15

A. Agostini



-1/3-

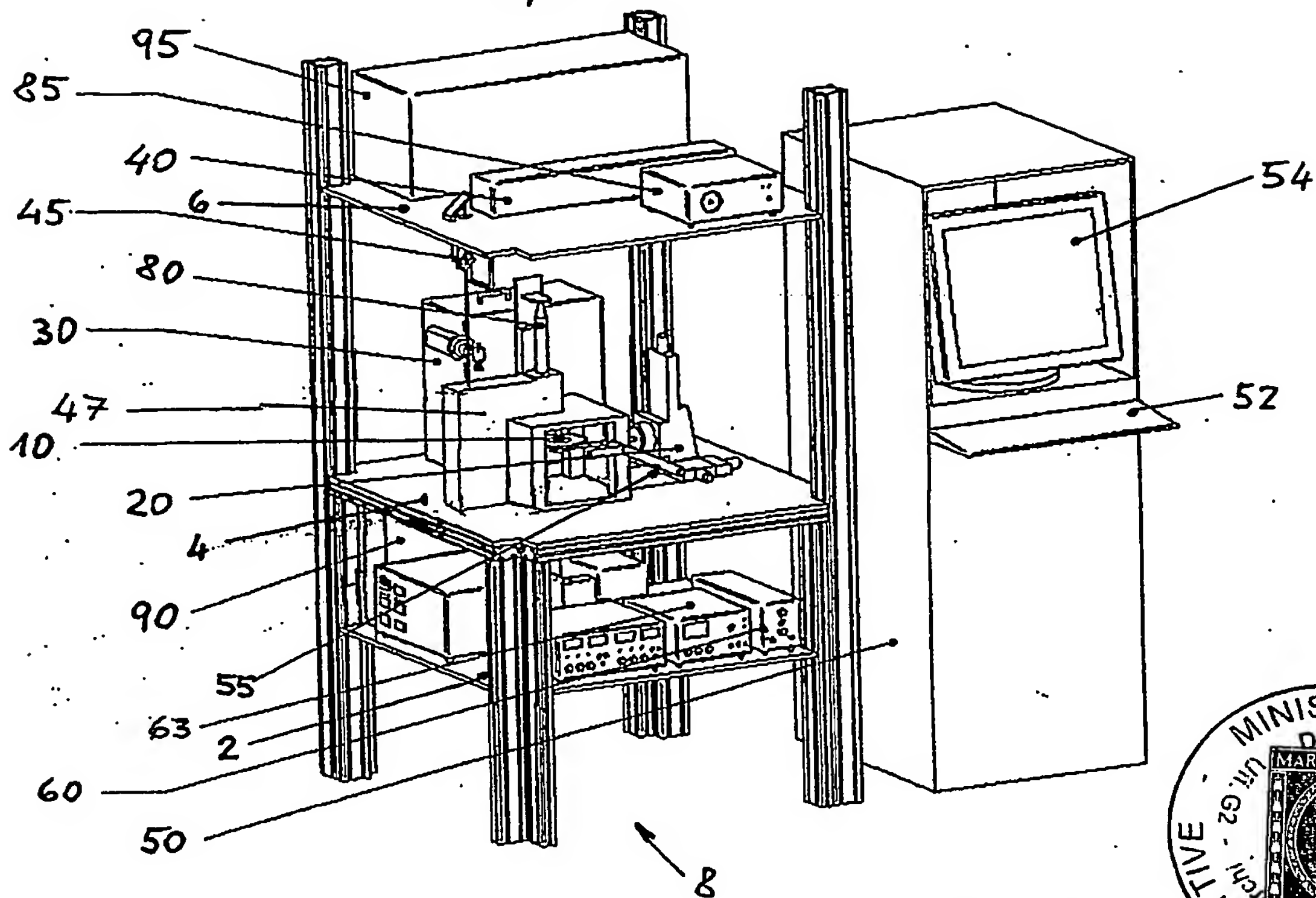


FIG. 1

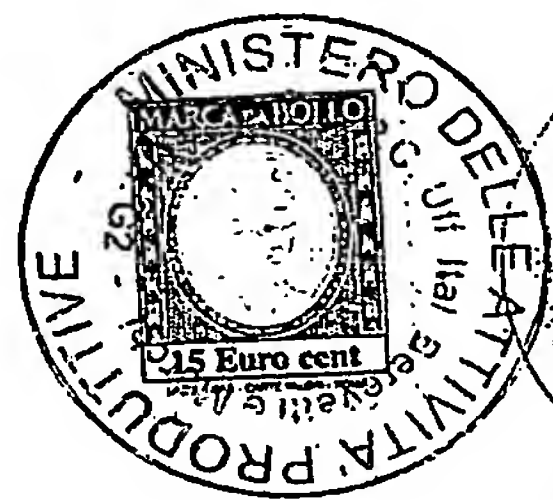
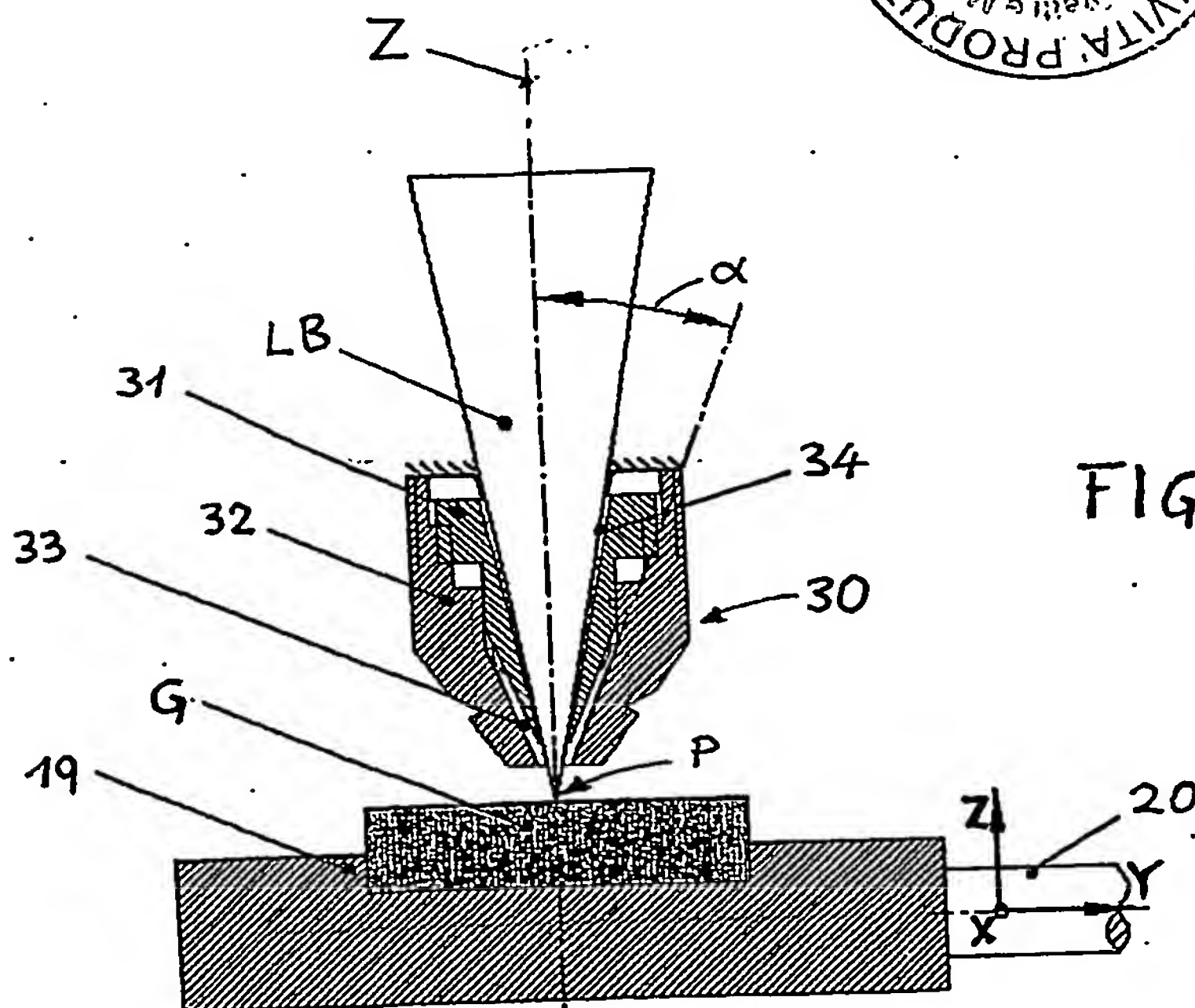


FIG. 4



-2/3-

FIG. 3

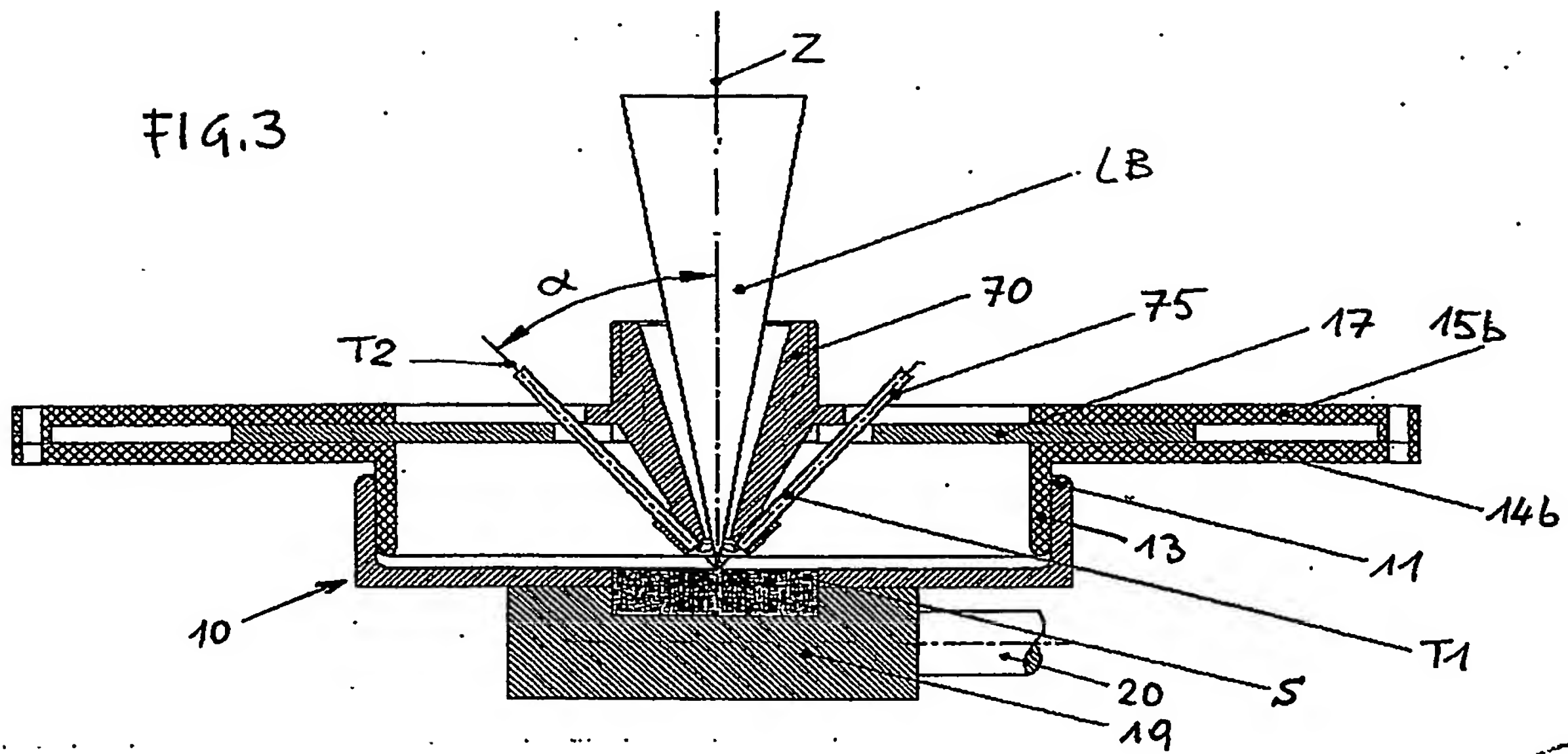
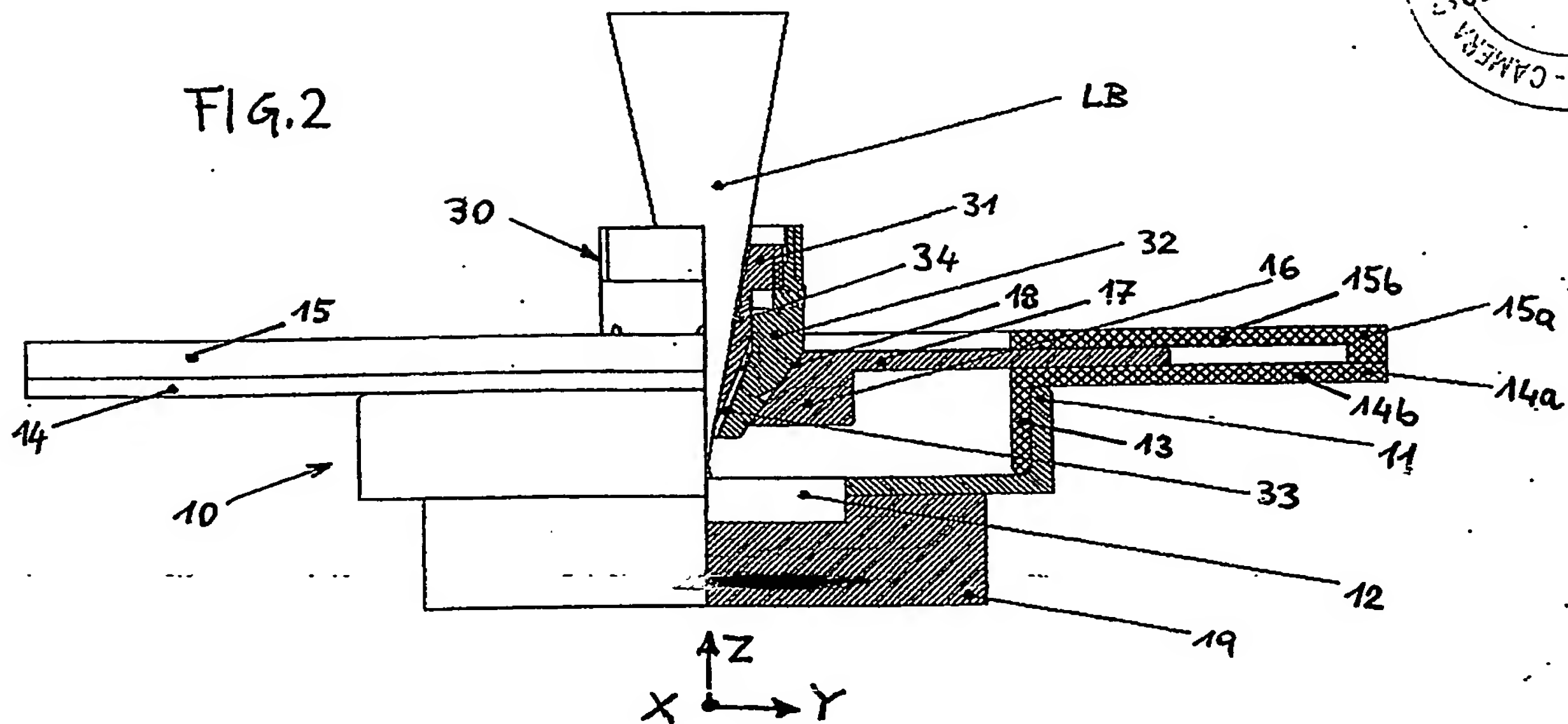


FIG. 2



Il Mandatario
Ing. Agostino Agostini

- 3/3 -

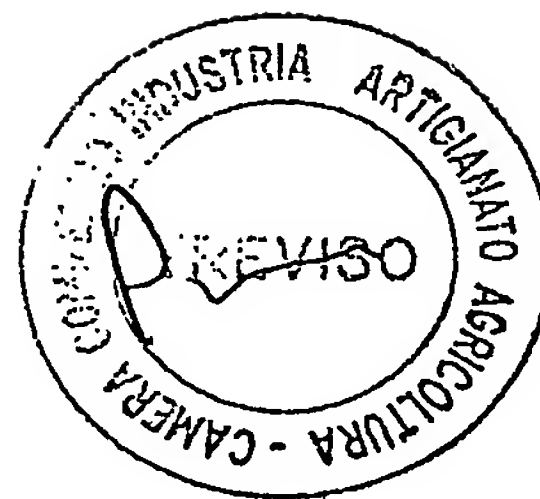
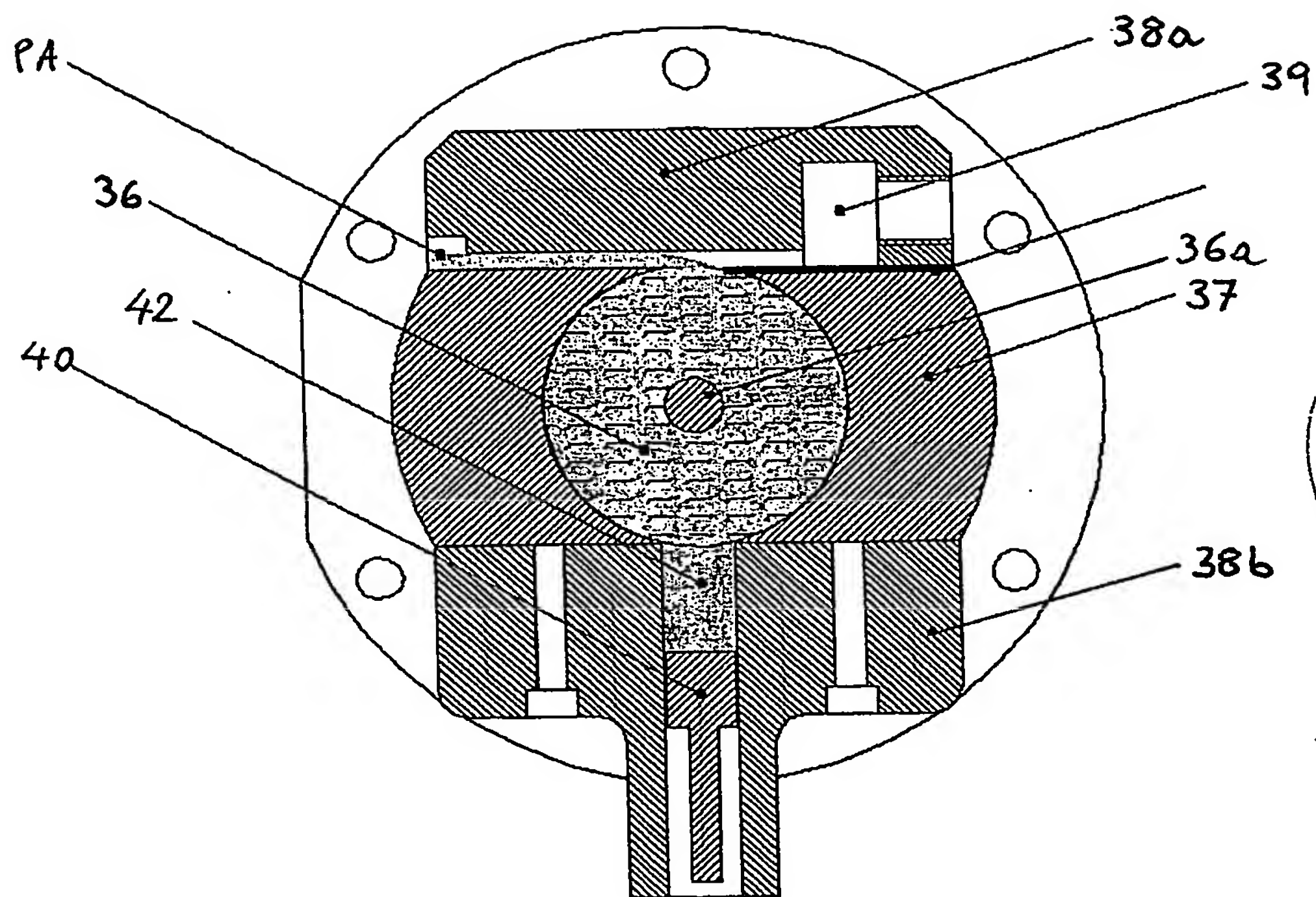


FIG. 5

Il Mandatario
Ing. Agostino Agostini
N. 7/1

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.